

F-049

ACOによる分割統治型TSP近似解法とその評価について

Evaluation of the ACO Approximation Algorithms for the TSP with the Divide and Conquer Technique

梶野 大輔¹

Daisuke Kajino

原 元司¹

Motoshi Hara

1. はじめに

一般にアントコロニー最適化(ACO)は他の近似解法に比べて精度の良い解が求められる反面、大規模問題に対する計算量の増大が欠点とされている。

筆者らは、ACOにおけるこの欠点の改善方法として、最適化領域を限定可能な分割統治法による手法を提案することで、良好な結果を得ている。本稿では、巡回セールスマン問題(TSP)に対して、ACOと他の近似解法(2-opt, SA)にこの分割統治法を適用し、計算量と精度の評価、分割統治法との相性について考察を行う。

2. 近似解法と分割統治法

本章では本研究で扱う近似解法と分割統治法について述べる。

2.1 Ant System(AS)

ASは、ACOの基礎モデルとなっているシステムであり、実際のアリにヒントを得たエージェントを複数導入する。本研究の対象となるTSPでは、エージェントを各都市にランダムに配置する。そして、個々のエージェントはフェロモン軌跡濃度に比例する確率で都市を遷移する。このとき、各エージェントは各都市を一度しか訪問しないというTSPの制約条件の下で遷移を繰り返し、全てのエージェントが巡回路の生成を完了した時点でフェロモン軌跡濃度を更新する。このことにより、短い経路上により多くのフェロモンが付加され、軌跡濃度が大きくなる。エージェントは、生成されるフェロモン軌跡濃度を用いて巡回路生成を行う。結果として、複数エージェントが生成した経路中で最短となる経路が近似解となる。本研究では、このASでも比較的精度の良い解が得られるとされているMMAS(MAX-MIN Ant System)をTSPに適用する分割統治型ACOを提案する。以下では、MMASを単にASとのみ表記するものとする。

2.2 2-opt

2-optとは、巡回路のなかから2都市間を結ぶ経路を2本選んで入れ換え、改善されれば暫定解の更新を行い、されなければそのままという操作を繰り返す手法である。アルゴリズムが簡単であり、精度は劣るものの高速であることが知られている。

2.3 Simulated Annealing(SA, 擬似焼きなまし法)

ある手法で経路生成を行う上で、解が改善されなくても、温度係数に基づいた確率により経路の変更を行う。この作業は改悪処理と呼ばれ、局所解から抜け出すためのSAの最大の特徴である。このとき温度係数が大きければ改悪の確率も高くなる。最初は温度係数を高く設定し、少しずつ減少させていくことで徐々に解を安定させ

ていく。確率の減らし方をゆっくりスケジューリングすることにより良い解を求められるが、一方で計算量は増加してしまうため、解の精度と計算量はトレードオフの関係にある。本研究ではSAの経路生成に2-optを用いている。

2.4 分割統治法

分割統治法とは、そのままでは解決できない問題を小さな問題に分割することで、最終的に問題を解決しようとする考え方である。

3. 提案手法

本章では、本研究で用いる分割統治法の分割手法について述べる。

3.1 2点分割法

TSPにおける都市全体に対して近似解法を適用し、ある時点で算出されている解の中からランダムに1つの都市を選び、その都市から巡回路順に指定した都市数分離れたもう1つの都市を指定する。この2つの都市を境界として、部分的に切り取った2つの都市群についてそれぞれに近似解法を適用する。続いて、全体の巡回路を部分巡回路の合成によって生成する。以降では、この分割手法を他の分割手法と区別するため2点分割法と呼ぶことにする。

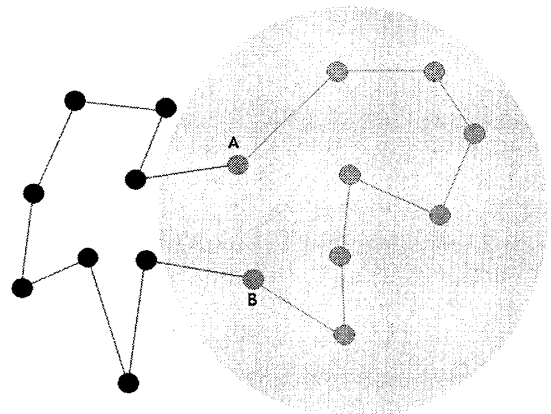


図1: 2点分割法

アルゴリズムは以下ようになる。

1. 都市全体に近似解法を適用し巡回路を求める
2. 1を指定したサイクル数だけ繰り返す

¹松江工業高等専門学校

3. 都市の中から1つ目の分割点に使用する都市をランダムに選択する(この都市を都市 A とする)
4. 現時点で算出されている巡回路に沿って都市 A から指定した都市数だけ離れた都市を2つ目の分割点として選択する(この都市を都市 B とする)
5. 都市 A,B から部分巡回路を生成する
6. 部分巡回路に近似解法を適用する
7. 6の処理を指定したサイクル数だけ繰返す
8. 終了条件が満たされるまで1から7を繰返す

提案する2点分割法では、部分巡回路の最適化だけでなく、全体の巡回路と部分巡回路に交互に近似解法を適用することで、分割統治による解の集中化と同時にある程度の多様性の維持を行っている。本研究では2点分割法をAS, 2-opt, SAの3つの近似解法に適用して比較実験を行った。

3.2 2点分割型 AS

ASは都市間の経路に付加されているフェロモン濃度の情報からエージェント毎に毎回経路を作り直す。そのため、分割に必要な現在の経路の情報が他の近似解法と違い存在しない。そのため、分割にはその段階で算出されている最良巡回路情報を保持しておき、それを使用することとした。

3.3 2点分割型 2-opt, 2点分割型 SA

2-opt, SAでは、保持している現在の巡回路情報から2点分割法を適用した。

4. 比較実験

4.1 実験の概要と結果

本論文ではAS, 2-opt, SAとそれらの近似解法に2点分割法を適用した場合について実験を行った。具体的にはTSPLIB[1]のあらかじめ最適解が知られている問題に適用し、解の精度についての比較実験を行った。この実験結果を表1に示す。ここで2点分割を適用したAS, SA, 2-optをそれぞれDAS, DSA, D2-optとする。

表1を見てわかる通り、都市数は必ずしも誤差率と比例関係にないことがわかる。これは、各問題がそれぞれ陥りやすい局所解を持っているためである。各近似解法ごとに問題との相性があり、適用した問題の局所解から抜け出しやすいものもあれば、そうでないものもある。このため、16種類の問題の平均誤差率で解法の精度評価を行うことにする。このとき、計算量は巡回路の生成回数とした。

4.2 考察

提案手法であるDASは他の近似解法に比べてさらに精度の良い解が得られている。このことから、分割統治がASの精度改善にも有効であることがわかる。一方、SA, 2-optでは解の精度に改善はほとんどみられていない。この要因としてASとSA, 2-optの経路生成の仕組みの差が考えられる。SA, 2-optでの経路生成は生成されている巡回路の経路を入れ替えることで行われる。こ

表 1: TSP における巡回路長 (最適解との誤差率 [%])

問題	2-opt	D2-opt	SA	DSA	AS	DAS
eil51	5.6	6.1	1.5	1.5	0.5	0.6
berlin52	5.5	5.5	1.2	1.3	0.0	0.0
st70	7.0	7.0	1.3	1.3	0.5	0.4
eil76	8.2	8.1	3.3	3.2	2.7	2.0
pr76	11.3	11.4	5.5	5.5	0.5	0.2
kroA100	6.7	6.6	3.2	3.0	0.6	0.5
kroB100	6.6	6.2	3.9	4.0	0.9	0.6
lin105	6.8	6.9	4.4	4.9	0.7	0.6
pr107	6.1	6.1	1.8	1.7	0.7	0.4
bier127	7.6	7.6	5.2	5.5	2.0	1.7
ch130	6.8	7.1	2.9	3.0	1.9	1.6
pr136	9.3	9.5	8.2	8.0	3.6	2.8
pr144	3.8	3.6	2.8	2.8	0.2	0.1
kroA150	7.8	7.6	5.3	5.4	2.9	2.5
kroB150	7.6	8.2	5.2	5.2	2.7	2.5
ch150	8.0	8.2	2.8	2.9	2.7	2.7
平均	7.2	7.2	3.7	3.7	1.4	1.2

れに対してASではエージェントごとに毎回巡回路を作り直す。分割統治を行った場合SA, 2-optの場合では分割統治を行わない場合と同様の操作で経路の入れ替えを行うので計算量としては変化なく、単に経路選択の幅を狭めるだけという結果になってしまっている。ASの場合、分割統治が適用されると経路の半分がその時点の最良解から瞬時に生成され、より効率的に経路探索を行うことができたと考えられる。さらに、本研究では計算量と誤差率の推移の比較により、計算効率のどのように変化したか実験を行った。

5. まとめ

今回の実験で2点分割法はASに対して有効な分割手法であることが実証できた。今後はさらに大規模な問題に適用し評価実験を行いたい。

参考文献

- [1] TSPLIB: <http://ftp.zib.de/pub/Packages/mp-testdata/tsp/tsplib/tsplib.html>
- [2] 大野依子, 「アントコロニーシステムの巡回セールスマン問題への適用」, 三木研月例発表会 第22回月例発表会, Vol.22, No.4, pp.12-17, (1999)
- [3] 向譲治, 辻康孝, 近藤英二, 「分割統治法を用いたアントコロニー最適法の提案と巡回セールスマン問題への適用」, 日本機械学会九州支部講演論文集, Vol.2004, No.57, pp.417-418, (2004)